

## **Les serpents des îles du Parc national de Port-Cros : suivis par capture-marquage-recapture de *Malpolon monspessulanus* et de *Rhinechis scalaris***

Jean-Marie BALLOUARD<sup>1</sup>, Thomas FERRARI<sup>1</sup>, Xavier BONNET<sup>2</sup>,  
Sébastien CARON<sup>1</sup>, Laurent MAXIME<sup>3</sup>, Gilles GARNIER<sup>3</sup>,  
Pascal GILLET<sup>4</sup>, Mathieu AUSANNEAU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>SOPTOM, Centre de Recherche et de Conservation des Chéloniens (CRCC), BP24, 83590 Gonfaron, France.

<sup>2</sup>Centre d'études Biologiques de Chizé UMR-7372, CEBC-CNRS-ULR, 79360 Villiers-en-Bois, France.

<sup>3</sup>Parc national de Port-Cros, Allée du Castel Sainte-Claire, BP 70220, 83406 Hyères cedex, France.

<sup>4</sup>DREAL PACA – 16 rue Zattara, CS 70248, 13331 Marseille cedex 3, France.

\*Contact : jean-marie.ballouard@soptom.fr

**Résumé.** Les serpents sont des bio-indicateurs des écosystèmes, ils représentent des modèles biologiques pertinents pour étudier des questions de conservation et de science fondamentale. Pourtant, ceux-ci bénéficient de peu d'attention de la part des scientifiques et des gestionnaires. Depuis 2012, la mise en place d'un suivi de type Capture-Marquage-Recapture de deux espèces de couleuvres méditerranéennes sur les îles de Porquerolles et Port-Cros a pour but de redresser partiellement ce biais et d'améliorer les maigres connaissances à leur sujet. Un réseau de plaques refuges a notamment été créé afin de faciliter la capture des individus. Après 3 ans de suivi, un total de 174 individus ont été marqués, majoritairement des couleuvres de Montpellier *Malpolon monspessulanus* (n=125), mais également des couleuvres à échelon *Rhinechis scalaris*. Les nombres de serpents capturés sont équivalents entre les deux îles mais les densités semblent différentes. De nombreux individus des deux espèces atteignent des tailles record sur les deux îles. De façon encourageante, 20 % des couleuvres de Montpellier et 15 % des couleuvres à échelons ont été recapturées, ce qui montre que le système mis en place fonctionne. L'acquisition de données telles que la condition corporelle et le taux de croissance représente des premiers résultats importants. Il est essentiel de poursuivre ce suivi sur le long terme afin d'acquérir des informations permettant de mieux comprendre le fonctionnement de ces populations particulières, de suivre les tendances démographiques et de mieux les utiliser comme bio-indicateurs et support pédagogique.

**Mots-clés :** Serpents, couleuvre de Montpellier, couleuvre à échelons, bio-indicateur, Capture-Marque-Recapture, plaques-refuges.

**Abstract.** Snakes of Port-Cros National Park islands: Capture-Mark-Recapture study of *Malpolon monspessulanus* and *Rhinechis scalaris*. Snakes are useful in ecosystem surveys as they can act as environmental indicators and can be model organisms to address conservation and fundamental issues. However, researchers and managers

rarely focus on these unpopular organisms. In 2012, we initiated a Capture-Mark-Recapture study of two Mediterranean snakes on Port-Cros and Porquerolles Island to redress this taxonomic bias and to improve current knowledge of these species. We set up a network of fibrocement slabs to facilitate the capture of the snakes. During a 3 year survey, we marked a total of 174 individuals, predominantly *Malpolon monspessulanus* (n = 125). Although capture numbers on each island were similar, snake density is likely to be different. Many very large individuals of both species were observed on both islands. Encouragingly, the recapture rate was 20 % and 15 % for *M. monspessulanus* and *Rhinechis scalaris* respectively, demonstrating the effectiveness of the study method. We also collected the first data on body condition and growth rate for these populations. It is therefore essential to maintain this long-term survey in order to continue the collection of basic information, permitting improved monitoring of these peculiar populations of snakes. Surveys of this kind are essential to promote snakes as key bio-indicators and provide the foundation knowledge necessary for the development of educational resources.

**Keywords:** Snakes, Montpellier snake, ladder snake, bioindicator, Capture-Mark-Recapture, fibrocement slabs.

## Introduction

Les serpents occupent la majorité des écosystèmes terrestres de la planète ainsi que de nombreux écosystèmes marins ; ce sont des prédateurs supérieurs et d'importants bio-indicateurs (Brischoux *et al.*, 2009 ; Beaupre et Douglas, 2011). D'ailleurs, plusieurs études ont mis en évidence des populations avec de fortes densités (Shine et Madsen, 1997) qui jouent par conséquent un rôle important dans les réseaux trophiques (Bonnet *et al.*, 2002 ; Ajtić *et al.*, 2013). La forte sédentarité des serpents rend plus aisée et spatialement plus précise la compréhension des relations entre les espèces-proies, leurs prédateurs et les caractéristiques du milieu (e.g. par rapport aux rapaces qui peuvent chasser sur plusieurs centaines de km<sup>2</sup>). Malheureusement, les serpents font partie des taxons très menacés, la plupart des populations montrant des déclin catastrophiques (Reading *et al.*, 2010). Un manque chronique d'informations sur les populations complique fortement le suivi des tendances et les possibilités de mettre en place des mesures de conservation (Böhm *et al.*, 2013).

En effet, les reptiles en général et plus particulièrement les serpents sont un des groupes de vertébrés les moins bien pris en compte, à la fois dans la littérature scientifique (Bonnet *et al.*, 2002 ; Clark et May, 2002) et dans les programmes de conservation (Seddon *et al.*, 2005, 2014). Il peut sembler légitime que certaines espèces bénéficient de plus d'attention que d'autres, dans un souci d'optimisation de l'allocation des fonds pour la conservation. Cependant, il est évident que des biais excessifs sont délétères. Pour bénéficier d'un niveau d'attention acceptable et de mesures de protection, mieux vaut être une espèce qui plaît à l'homme occidental (Tisdell *et al.*, 2006). L'impopularité des ophidiens vis-à-vis de la communauté scientifique (Bonnet *et al.*, 2002)

et des questionnaires reflète l'image négative globale dont souffrent ces espèces.

D'autre part, le caractère discret et la dangerosité de certaines espèces de serpents compliquent *a priori* la mise en place de suivis de populations ; alors même que des expériences de terrain ont été conduites avec succès, y compris en y ajoutant une composante d'éducation à l'environnement (Ballouard *et al.*, 2012 ; Ballouard et Bonnet, 2016 ; Bonnet *et al.*, 2016). Pour cela, certains contextes sont plus favorables, notamment les populations avec de fortes densités ce qui facilite les suivis, tandis que les espèces non-venimeuses posent moins de problèmes au cours des manipulations.

Les petites îles sont des milieux de prédilection pour les suivis de serpents car elles offrent l'occasion d'étudier des individus et des populations dans un système simplifié et circonscrit (Bonnet *et al.*, 2002). Par exemple, les estimations des paramètres démographiques sont souvent plus faciles à obtenir par comparaison aux populations continentales. De plus, de nombreux exemples chez les vertébrés montrent que les populations insulaires développent des caractères originaux (e.g. gigantisme, nanisme). Étudier les serpents dans ces milieux offre ainsi la possibilité de mieux comprendre certains mécanismes évolutifs (Bonnet *et al.*, 2002). Le statut de préservation de nombreuses îles permet d'avoir accès à des populations de référence vis-à-vis de populations continentales où les pressions anthropiques sont plus fortes et multiples. Enfin, les petites îles étant particulièrement fragiles, il est nécessaire d'étudier l'ensemble des cortèges floristiques et faunistiques, notamment les prédateurs supérieurs qui jouent des rôles majeurs dans le fonctionnement des écosystèmes.

Bien que le déclin et la vulnérabilité des serpents face aux changements globaux soient aujourd'hui mieux renseignés (Gibbons *et al.*, 2000 ; Reading *et al.*, 2010), les informations de base sur l'écologie, les principaux traits d'histoire de vie et les aspects démographiques restent trop mal connus. Les suivis à long terme sont indispensables pour palier ce manque de connaissances (Lebreton *et al.*, 1992 ; Shine et Bonnet, 2000 ; Clutton-Brock et Sheldon, 2010). Plus particulièrement, les études démographiques des ophidiens sont pertinentes pour étudier les écosystèmes et leur évolution face aux perturbations (Reading *et al.*, 2010).

C'est dans ce cadre que deux espèces typiquement méditerranéennes, la couleuvre de Montpellier (*Malpolon monspessulanus*) et la couleuvre à échelons (*Rhinechis scalaris*) ont fait l'objet d'un premier état des populations de 2001 à 2005 sur les îles du Parc national de Port-Cros (Cheylan et Cluchier, 2005). Elles

sont à nouveau étudiées depuis 2012. Jusque-là, ces deux espèces ne bénéficiaient pas de suivi de type Capture-Marquage-Recapture (CMR). Dans le cadre de la collaboration entreprise en 2012 entre la SOPTOM (Station d'Observation et Protection des Tortues et de leurs Milieux), le CEBC (UMR CNRS-ULR) et le Parc national de Port-Cros, un suivi CMR a été mis en place sur les îles de Port-Cros et de Porquerolles. Ce suivi a pour objectif d'améliorer la connaissance de ces espèces dont le statut en France est encore flou et bien que celles-ci soient actuellement classées «Préoccupation mineure » sur la liste rouge nationale de l'IUCN (IUCN, 2015). Il s'agit également de mieux connaître le rôle qu'elles tiennent dans l'écosystème. Ce suivi repose notamment sur l'utilisation de plaques-refuges afin de faciliter la capture et le marquage des individus.

Cette étude rapporte un premier bilan des résultats obtenus après trois années de suivi CMR. Les principaux objectifs sont de : 1) décrire les caractéristiques des populations de chaque espèce (e.g. capturabilité, traits morphologiques, croissance) ; 2) décrire des indices trophiques, telle que la condition corporelle. Ces résultats serviront de base pour des suivis sur le long terme.

## Méthodologie

### Les espèces

#### *La couleuvre de Montpellier*

Unique représentante en France de la riche famille des Psammophiidae, la couleuvre de Montpellier *Malpolon monspessulanus* est représentée sur l'ensemble des départements méditerranéens (Cluchier, 2010). C'est un serpent particulièrement ubiquiste présent du niveau de la mer jusqu'à 1 665 m d'altitude dans les Pyrénées-Orientales (Cluchier, 2010). On le trouve dans de nombreux habitats allant des friches aux forêts relativement denses, en passant par les pierriers buissonnants et les zones cultivées. Principalement diurne, il possède une excellente vue et se nourrit majoritairement de lézards et petits mammifères (souris, rats, lapereaux) qu'il chasse activement. C'est également un serpent ophiophage et la plus grande espèce de serpent de France métropolitaine. Si la bibliographie mentionne des longueurs allant jusqu'à 222 cm pour le sud de la France et 255 cm sur l'ensemble de l'aire de répartition, les spécimens atteignant 200 cm sont exceptionnels (Pleguezuelos, 2003 ; Cluchier, 2010). La difficulté liée à la capture des individus implique que les tailles estimées à la vue sont souvent très imprécises. Le dimorphisme sexuel est bien marqué : les mâles sont plus grands que les femelles. En Espagne, la majorité des mâles recensés mesuraient entre 80 cm et 120 cm (Longueur

Museau Cloaque LMC), pour une longueur maximale atteinte de 148 cm (LMC) et les femelles entre 60 cm et 80 cm pour une longueur maximale de 89 cm (Feriche *et al.*, 2008). La couleuvre de Montpellier est ovipare, la taille minimale observée à la maturité sexuelle est de 55 cm pour les mâles et de 63 cm pour les femelles. Les mâles atteignent leur maturité sexuelle au cours de leur troisième année, alors que les femelles l'atteignent à leur cinquième (Pleguezuelos, 2003).

A notre connaissance, aucune étude démographique basée sur l'approche CMR n'a été menée sur cette espèce, les publications se basant principalement sur des comptages d'individus et sur la collecte de cadavres. En conséquence, les informations concernant la survie des individus ou les taux de croissance sont encore inexistantes.

### *La couleuvre à échelons*

La couleuvre à échelons *Rhinechis scalaris* se cantonne en France strictement dans la zone méditerranéenne. Tout comme la couleuvre de Montpellier avec laquelle elle coexiste souvent en sympatrie, on la trouve dans une multitude d'habitats. Elle affectionne les milieux secs depuis les zones steppiques dépourvues de toute végétation arborée jusqu'aux milieux relativement boisés. Elle fréquente essentiellement les paysages hétérogènes faits de bosquets, maquis et cultures méditerranéennes. Elle se rencontre également dans les zones anthropisées. Elle se nourrit principalement de souris, de rats et autres mammifères, de lézards, d'œufs et d'oiseaux. L'activité crépusculaire semble importante, tout comme l'activité nocturne (Cheylan, 2010). C'est un serpent d'assez grande taille, d'apparence massive et avec une queue brève. En France, la plupart des individus ne dépassent pas 120 cm de Longueur Totale (LT), le dimorphisme sexuel est peu marqué. Cependant, une femelle de 157 cm et un mâle de 138,5 cm de LT ont été observés sur l'île Port-Cros (Cheylan, 2010). L'espérance de vie de *Rhinechis scalaris* serait d'environ 20 ans, les femelles atteignant leur maturité sexuelle à leur cinquième année et les mâles vers la troisième année. Cette espèce est aussi ovipare. Aucune étude démographique de type CMR n'est en cours.

### **Capture-marquage-recapture**

Les serpents ont été capturés pendant la saison d'activité (avril à novembre) grâce à la mise en place de plaques-refuges qui permettent de détecter l'ensemble des cohortes d'âges et de sexes (Bonnet *et al.*, 1999 ; Ballouard *et al.*, 2013) et des repérages visuels qui ciblent davantage les adultes.

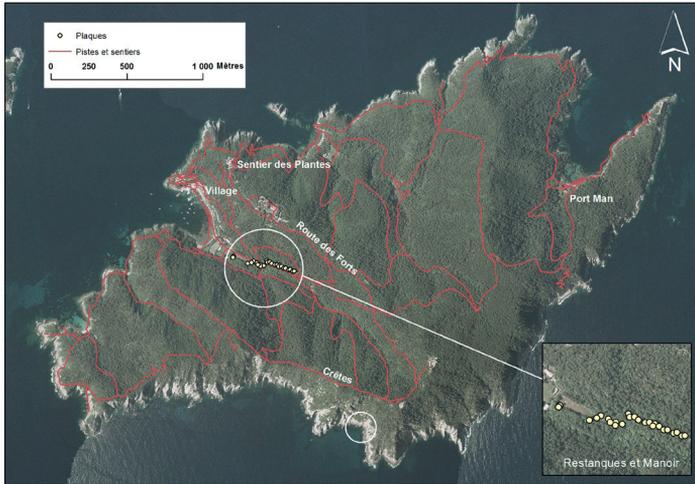
## Dispositifs et prospections

Au total, 227 plaques-refuges de type plaque ondulée de fibrociment (120 cm\*80 cm) ont été disposées sur les deux îles, principalement sur Porquerolles (n=202) où elles ont été placées sur 7 secteurs (25 à 30 plaques par secteur) d'une surface de un à trois hectares (Fig. 1). Sur Porquerolles, le réseau de plaques a été disposé en 2012 puis étendu en 2013 pour une raison de logistique, augmentant de façon significative la zone de prospection. Sur Port-Cros, le réseau a été mis en place en 2013 et étendu en début de printemps, en mars 2014. Ces plaques exercent une attractivité auprès des serpents qui viennent y thermoréguler tout en étant protégés des prédateurs (Le Lièvre *et al.*, 2010). Les plaques ont été disposées sur des milieux favorables (e.g. lisière, friche) et des micro-habitats attractifs tels que les buissons (Graitson et Naulleau, 2005). Ce type de dispositif est particulièrement propice pour les espèces de milieu plus tempéré (Graitson et Naulleau, 2005), mais leur utilisation permet également d'augmenter de façon non négligeable les probabilités de capturer des espèces méditerranéennes (Ferrari, 2014). Tous les milieux ne sont pas favorables, les zones rocailleuses et escarpées, omniprésentes sur l'île de Port-Cros, n'étant pas appropriées pour placer les plaques. Des repérages visuels y sont préférables bien que cette méthode reste surtout efficace pour des populations relativement denses (Bonnet *et al.*, 2002). Notons que le protocole de suivi a été mis en place indépendamment du dispositif national standardisé « pop reptiles », car celui-ci ne répond pas à des objectifs de suivi par CMR.



**Figure 1.** a) Localisation des plaques refuges (n=202) réparties sur les 7 secteurs suivis sur l'île de Porquerolles.

**Figure 1.** a) Location of the fibrocement slabs (n=202) in the 7 areas surveyed in Porquerolles island.



**Figure 1. b)** localisation des plaques refuges (n=15) disposées sur l'île de Port-Cros et les sentiers prospectés.

**Figure 1. b)** Location of the fibrocement slabs (n=15) and paths surveyed in Port-Cros island.

Le suivi est principalement concentré sur la plaine du Hameau sur l'île de Porquerolles, et sur la route des forts, les alentours du port et la plaine du Manoir sur l'île de Port-Cros. L'ensemble des observations a été réalisé dans le cadre de parcours définis au préalable sur des secteurs propices et faciles à atteindre (Tabl. I).

Les premières prospections ont été réalisées début avril, période où les températures dépassent 20°C et ont été poursuivies jusqu'à fin octobre (Tabl. I). Une prospection correspond au passage d'un ou plusieurs observateurs (en général 2) sur chacun des secteurs. Les secteurs parcourus ont été choisis selon l'horaire et leur exposition au soleil. Au printemps et à l'automne, les prospections ont en général été réalisées en milieu de matinée et l'après-midi. L'été, les prospections (d'une durée d'environ 3 heures) étaient effectuées tôt le matin (avant 10:00) puis en soirée (après 17:00). Les épisodes orageux de septembre sont en général excellents. Les prospections ont été organisées dans le cadre de sessions d'une durée de 2 à 3 jours, la plupart au printemps. En général une à deux prospections étaient réalisées au cours d'une journée. Vingt deux sessions sur Porquerolles et 18 sessions sur Port-Cros ont été effectuées sur l'ensemble de la période de suivi entre 2012 et 2014 (Tabl. I). Capturés ou non, tous les individus observés ont été dénombrés. Les localisations ont été enregistrées grâce aux numéros des plaques dont la position est connue (coordonnées GPS) et à l'aide d'un GPS quand il s'agissait d'observations réalisées grâce au repérage visuel hors plaque.

**Tableau I.** Nombre de plaques disposées et nombre total d'observations, captures et recaptures de serpents, toutes espèces confondues, sur chacun des secteurs prospectés sur les îles de Porquerolles et Port-Cros entre 2012 et 2014.

*Table I. Number of slabs and total number of observations of snakes, captures plus recaptures, species pooled, according to each area surveyed in Porquerolles and Port-Cros islands (2012-2014).*

Ile	Secteur	Plaques	Observations	Captures -recaptures
Porquerolles	A Station	26	2	1
	B Plage d'Argent	30	3	3
	C Figuier	48	34	28
	D Zone de brûlage	35	26	18
	E Hameau	8	8	8
	F Indienne	30	14	11
	G Bastide	25	28	23
	Autres		21	13
	Individus morts		10	
	Total	202	146	105
Port-Cros	Route des Forts	-	114	66
	Crêtes	-	10	5
	Village	-	32	23
	Sentiers des plantes	-	7	6
	Restanques	14	15	9
	Manoir	11	16	7
	Port-Man	-	6	6
	Autres	-	18	8
	Individus morts		10	
	Total	25	228	130

### *Mesures et marquages des individus*

Une fois capturés, les animaux font l'objet d'un premier examen pour déterminer l'espèce, le sexe, l'âge ; puis ils sont marqués. L'évagination des hémipénis permet de connaître le sexe. Sous les plaques, les autres taxons observés (e.g., lacertidés, micromammifères) ont été enregistrés mais non capturés. Ici, les individus mâles de LMC (Longueur Museau-Cloaque) inférieure à 70 cm sont considérés comme juvéniles, inférieure à 65 cm pour les femelles. Les serpents étaient placés dans des sacs individuels en toile et numérotés avant d'être mesurés et éventuellement marqués.

Les individus ont été mesurés à 0,5 cm près, du museau au cloaque (LMC) et du museau au bout de la queue (Longueur Totale, LT) à l'aide d'un ruban gradué (Fig. 2). Ils ont été pesés au gramme près (masse M) avec une balance ou un peson pour les individus supérieurs à 1 kg (5 grammes près). Si des proies ont été ingurgitées récemment ou si de larges follicules sont détectés par palpation, la masse n'a pas été incluse dans toutes les analyses. Les fèces, proies régurgitées et les mues ont été collectées ; les blessures, queues tronquées et éventuelles anomalies d'écaillés ventrales ont été notées. Les serpents ont été individuellement marqués de façon permanente à l'aide d'un brûleur à gaz en prenant soin à ne pas blesser l'animal (Fig. 2). Le dessous de la tête de l'animal est également pris en photo ainsi qu'au niveau de la zone de marquage. Les serpents ont ensuite été relâchés à l'endroit exact de leur capture. Le matériel est régulièrement nettoyé avec de l'alcool et ponctuellement après souillage par un individu.



Marquage à l'aide d'un brûleur à gaz. Photo : Maxime Briola (Regard du vivant).



Marque fraîche, individu venant d'être marqué (ex : individu numéro 3, marqué à la troisième écaille en partant du cloaque). Photo : Joseph Celse.



Mesure de la longueur de la mâchoire d'une couleuvre de Montpellier, Port-Cros. Photo : Maxime Briola (Regard du vivant).



Mesure de la longueur tête-cloaque (LMC) d'une couleuvre de Montpellier, Port-Cros. Photo : Maxime Briola (Regard du vivant).

**Figure 2.** Photos des marquages et mesures réalisées.  
*Figure 2. Pictures of the Marking and measurement procedure.*

## Analyses

Les individus ont été séparés en trois catégories de tailles : LMC inférieure à 80 cm, LMC comprise entre 80 et 120 cm, et individus de plus de 120 cm de LMC. Pour chaque individu, la condition trophique a été évaluée grâce à la mesure d'un Indice de Condition Corporelle (ICC) obtenue grâce aux résidus de la régression logarithmique entre la taille (LMC) et la masse (M) (Bonnet et Naulleau, 1994). Cet indice est considéré comme un bon indicateur de l'état des réserves corporelles et donc de la disponibilité des ressources du milieu (Bonnet *et al.*, 2001). Lorsque les données affichaient des distributions normales, des analyses de variance de type ANOVA ont été utilisées ; dans le cas contraire, des tests non paramétriques de Mann Whitney ont été employés.

## Résultats

### Nombre d'observations, de captures et de recaptures

Sur un total de 374 observations sur les deux îles, 235 captures et recaptures ont été réalisées (Porquerolles, PQ, n=105 ; Port-Cros, PC, n=130). La plupart des individus observés sur Porquerolles (83 %) et sur Port-Cros (60 %) ont été capturés (Tabl. I). Un total de 176 individus ont été marqués dont 170 ont pu être sexés de façon certaine. Les couleuvres de Montpellier sont les mieux représentées (n=125) sur chacun des sites (nPQ=49 ; nPC=76). Les couleuvres à échelons sont assez bien représentées (n=51) sans différence entre les sites (nPQ=22 ; nPC=29). Ajoutons également, bien que cette étude n'en tienne pas compte, quelques couleuvres girondines *Coronella girondica* (n=5) observées sur Porquerolles.

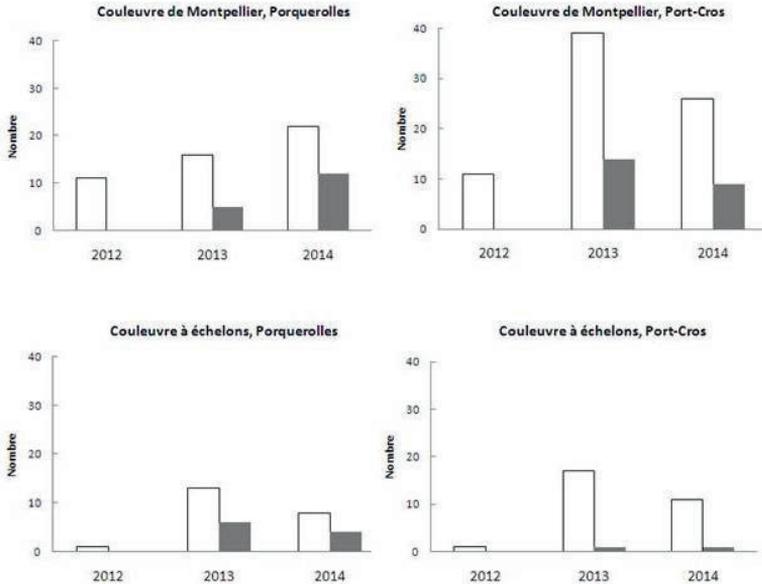
Sur Porquerolles, le nombre total de captures de couleuvres de Montpellier par année augmente avec la durée de suivi, ce qui s'explique par l'augmentation de la surface de prospection, tendance qui ne s'observe cependant pas pour les couleuvres à échelons. Sur Port-Cros, 2013 est l'année la plus fructueuse (en termes de captures) pour les deux espèces (Fig. 3).

Les adultes représentent la majorité des individus, soit 85 % des couleuvres de Montpellier et 90 % des couleuvres à échelons alors que les juvéniles sont trouvés plus rarement (Tabl. II). Toutes classes d'âge confondues, le nombre de mâles M marqués chez la couleuvre de Montpellier est significativement plus élevé que celui des femelles F (50 M vs 24 F,  $\chi^2=12.57$ , ddl=1,  $p<0.001$ ) mais est équivalent pour la couleuvre à échelons (24 M vs 24 F).

**Tableau II.** Nombre total d'individus mâles et femelles capturés (2012-2014) de couleuvres à échelon et de couleuvres de Montpellier sur Porquerolles et Port-Cros.  
**Table II.** Total number of male and female *Malpolon Monspessulanus* and *Rhinechis scalaris* captured in Porquerolles and Port-Cros islands between 2012 and 2014.

		Couleuvre à échelon		Couleuvre de Montpellier	
		Femelles	Mâles	Femelles	Mâles
Adultes	Porquerolles	12	9	15	27
	Port-Cros	9	13	18	42
Juvéniles	Porquerolles	1	0	2	3
	Port-Cros	2	2	6	8

Vingt pour cent des couleuvres de Montpellier ont été recapturées (125 captures, 26 recaptures), 15 % pour les couleuvres à échelons (51 captures, 8 recaptures). Le taux de recapture est équivalent sur les deux îles chez la couleuvre de Montpellier, mais différent pour la couleuvre à échelons où seuls 2 individus ont été recapturés sur Port-Cros (Fig. 3).



**Figure 3.** Nombre annuel de Captures (barres blanches) et Recaptures (Barres grises) sur chacune des îles de 2012 à 2014.

**Figure 3.** Annual number of captures (white bars) and recaptures (grey bars) of *Malpolon monspessulanus* and *Rhinechis scalaris* on each island between 2012 and 2014.

Chez la couleuvre de Montpellier, le nombre de recaptures est significativement plus élevé chez les mâles (42 %) que chez les femelles (14 %) ( $\chi^2=19.6$ , ddl=1,  $p<0.001$ ) ce qui suggère que les femelles sont moins détectables.

### Taille et dimorphisme sexuel

La majorité des individus de couleuvre de Montpellier capturés sont de taille moyenne (pour 43 % des individus, la LMC est de 80 cm à 120 cm), suivis des individus de petite taille (31 %, LMC<80 cm) puis des grands individus (26 %, LMC>120 cm) (Tabl. III). Chez la couleuvre à échelons, les individus de petite taille (LMC<80 cm) sont moins souvent observés (14 %) que les individus de taille moyenne (43 %, 80 cm<LMC<120 cm) ou grande (43 %, LMC>120 cm). Pour les deux espèces, une partie importante des individus atteint des LMC supérieurs à 100 cm, soit 39 % des individus de couleuvre de Montpellier ( $n=49$ ) et 68 % des individus de couleuvre à échelons ( $n=51$ ). Sexes confondus, les serpents des deux îles sont de taille équivalente (Test U de Mann Witney,  $U=2303$  ;  $Z=1.11$  ;  $p=0.26$ ). Un total de 19 et 8 mâles de couleuvre de Montpellier de LMC supérieure à 120 cm ont été observés respectivement sur Port-Cros et Porquerolles. Sur Port-Cros, le plus grand individu avait une LMC de 162 cm (LT=198.5 cm) et sur Porquerolles de 142.5 cm (LT=177.5 cm). Chez les couleuvres à échelons, le plus grand individu observé avait une LMC de 139 cm pour 155 cm de LT sur Port-Cros, et de 134 cm pour 150.5 cm de LT sur Porquerolles.

Les mâles adultes de couleuvre de Montpellier atteignent des tailles plus importantes que les femelles adultes (Test U de Mann-Witney avec le sexe en facteur et LMC en variable dépendante :  $U=172$  ;  $Z=6.91$  ;  $p<0.001$ ), alors qu'aucun dimorphisme sexuel de taille n'est observé pour la couleuvre à échelons ( $U=35$  ;  $Z=0.08$  ;  $p=0.93$ ) (Tabl. II, Fig. 4).

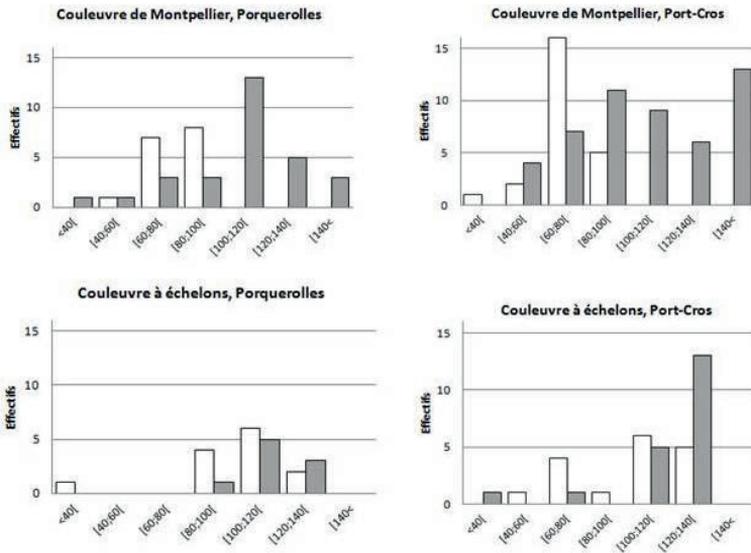


Figure 4. Effectifs des individus marqués selon les classes de tailles (LMC en cm) ; les femelles sont représentées par les barres blanches, les mâles par les barres grises.  
 Figure 4. Number of individuals marked according to class size (Snouth Vent Length SVL, in centimetres); females are indicated in white bars and males in grey bars.

Tableau III. Caractéristiques morphologiques des couleuvres de Montpellier et des couleuvres à échelons capturées de 2012 à 2014 sur les îles de Port-Cros et Porquerolles en fonction des sexes et des catégories d'âge des individus.  
 Table III. Morphological characteristics of *Malpolon Monspessulanus* and *Rhinechis scalaris* in Porquerolles and Port-Cros islands according to the gender and age of the individuals captured between 2012 and 2014.

		Adultes		Juvéniles	
		PQ	PC	PQ	PC
Couleuvre de Montpellier					
LMC (cm)	Mâles	112.8 ± 19.4	118.3 ± 27.6	47.8 ± 17	57.75 ± 9.7
	Femelles	81.2 ± 10.48	77 ± 8.03	57.75 ± 9.5	56.4 ± 11
LT (cm)	Mâles	141.6 ± 22.7	146 ± 32	62.3 ± 22.7	73.68 ± 11.8
	Femelles	102.4 ± 11.1	96.1 ± 9.9	70.75 ± 20.1	73.55 ± 13.9
M (g)	Mâles	614.8 ± 296.7	919.6 ± 559.2	24.5 ± 19.1	67 ± 29.8
	Femelles	193.3 ± 113.9	134.5 ± 30.5	-	73

		Adultes		Juvéniles	
		PQ	PC	PQ	PC
Couleuvre à échelons					
LMC (cm)	Mâles	115.5 ± 12.8	132.4 ± 5.3	-	45.25 ± 22.3
	Femelles	106.3 ± 11	105.5 ± 27.8	31	61 ± 2.82
LT (cm)	Mâles	134.1 ± 13.9	148 ± 7.3	-	53 ± 22.3
	Femelles	120.7 ± 10.8	117.2 ± 31.5	35.5	65.75 ± 2.7
M (g)	Mâles	695.2 ± 274.8	1 152 ± 197.4	-	38 ± 35.3
	Femelles	510 ± 201.4	673.6 ± 514.7	12	73 ± 2.83

### Croissance

Chez la couleuvre de Montpellier, il a été possible de calculer la vitesse de croissance (dixième de cm/mois) sur 18 individus dont seulement 2 femelles (la période d'hibernation de novembre à mars a été décomptée dans les calculs). Sur un total de 16 mâles sur les deux îles (nPC=10 ; nPQ=6), la croissance moyenne est de 0.8 cm ± 0.2 cm par mois. La vitesse de croissance est similaire entre les individus de taille inférieure à 120 cm (n=9) et ceux de taille supérieure à 120 cm (n=7) (Test U de Mann Whitney, U=23 ; Z=-0.90 ; p=0.37). La vitesse de croissance est également similaire entre les individus mâles des deux îles (U=27 ; Z=0.32 ; p=0.74).

### Indices trophiques

Grâce à la palpation des estomacs et l'examen des fèces, la présence de proies récemment ingérées a pu être déterminée sur un total de 222 serpents (couleuvre de Montpellier : n=163 ; couleuvre à échelons : n=59). Parmi eux, 32 % (n=72 ; 58 couleuvres de Montpellier et 14 couleuvres à échelons) ont montré des indices d'un repas récent (<1 semaine). La proportion de ces indices est équivalente entre les deux îles chez la couleuvre de Montpellier (PC= 37 % vs PQ=34 % ;  $\chi^2=0.044$  ; ddl=1 ; p=0.83) ; mais est supérieure sur PQ chez les couleuvres à échelons (PC= 41 % vs PQ=7 % ;  $\chi^2=7.99$  ; ddl=1 ; p<0.01). Chez la couleuvre de Montpellier, le nombre d'individus avec présence de repas est plus élevé chez les petits individus (LMC<80 cm) que chez les grands (LMC>80 cm) ( $\chi^2=14.897$  ; ddl=1 ; p<0.001). Concernant les couleuvres à échelons, les indices de repas sont en revanche plus élevés chez les individus de taille moyenne (80 cm<LMC<120 cm) ( $\chi^2=19.881$ , ddl=2, p<0.001).

Parmi 22 serpents (19 couleuvres de Montpellier et 3 couleuvres à échelons) dont les proies ont été identifiées par palpation ou suite à une régurgitation, 13 avaient avalé des micromammifères de type mulot *Apodemus sylvaticus* ou musaraigne *Crocidura* sp., 4 avaient

ingéré des rats *Rattus rattus*, 4 des lézards des murailles *Podarcis muralis* et 1 avait mangé un oiseau. De plus, parmi 10 cadavres trouvés sur Porquerolles, nous avons identifié deux serpents qui avaient avalé un de leurs congénères (Tabl. IV). Sur la base de cet échantillonnage, les espèces-proies semblent similaires entre les deux îles. Toutefois, les données montrent que davantage de rats seraient consommés par les grands individus sur Port-Cros, alors que sur Porquerolles, les lapereaux et peut être de jeunes oiseaux (faisans, *Phasianus colchicus*) seraient plus mangés.

**Tableau IV.** Présence de proies et blessures sur les couleuvres de Montpellier et les couleuvres à échelons capturées de 2012 à 2014 (seules les premières captures sont prises en compte) sur les îles de Port-Cros et Porquerolles selon 3 catégories de tailles (LMC).

*Table IV.* Presence of preys and wounds in *Malpolon monspessulanus* and *Rhinechis scalaris* (only first capture taking into account) according to the size categories.

LMC (cm)	< 80	<80-120<	120<
	Proies		
Couleuvre à échelons	0 (0 %)	4 (31 %)	3 (14 %)
Couleuvre de Montpellier	16 (43 %)	16 (40 %)	0 (0 %)
	Blessures		
Couleuvre à échelons	4 (44 %)	13 (93 %)	23 (100 %)
Couleuvre de Montpellier	6 (16 %)	23 (56 %)	22 (92 %)

Mâles et femelles ont des Indices de Condition Corporelle (ICC) similaires (ANOVA avec le sexe en facteur et l'ICC en variable dépendante ; couleuvres de Montpellier :  $F_{1,92}=0.39$ ,  $P=0.54$  ; couleuvres à échelons :  $F_{1,41}=0.15$ ,  $P=0.7$ ), les serpents avec des proies et les femelles gravides étant exclus de l'analyse, et ce quelles que soient les îles (couleuvres de Montpellier : interaction  $F_{1,90}=0.99$ ,  $P=0.32$  ; couleuvres à échelons :  $F_{1,39}=3.37$ ,  $P=0.06$ ).

### Prédation, blessures et mortalité

Un nombre élevé de serpents ont été observés avec des blessures ( $n= 104$ ) dont de nombreuses queues tronquées (Tabl. IV). Chez les couleuvres de Montpellier, les individus de grande taille (93 %) sont plus touchés que les individus de moyenne (58 %) et petite tailles (13 %) ( $\chi^2=11.81$ ,  $ddl=2$ ,  $p<0.01$ ). De même, chez les couleuvres à échelons, les individus de grande taille (93 %) sont davantage touchés (LMC>120 cm=100 %, 80<LMC<120 cm=89 % ; LMC<80 cm= 50 % ;  $\chi^2=1.549$ ,  $ddl=2$ ,  $p<0.001$ ).

## Discussion

Conformément aux observations antérieures (Cheylan et Cluchier, 2005), cette étude montre que les deux espèces sont particulièrement bien représentées sur les deux îles. Entre 15 et 20 % des serpents capturés sont des recaptures, ce qui est encourageant compte tenu de la difficulté d'observation de ces espèces. Les échantillonnages ont eu lieu sur moins de 20 % de la surface de chacune des îles. Toutefois ces surfaces ciblent des zones propices (milieu ouvert) qui ne sont pas représentatives de l'ensemble des milieux présents sur les deux îles, celles-ci présentant un couvert essentiellement forestier. Notons que le nombre important d'observations sur les deux îles a été obtenu grâce à la complémentarité des deux systèmes de capture (plaques vs chasse à vue) et leur adaptation vis-à-vis des deux types de milieu représentés sur les îles (hétérogène et ouvert sur Porquerolles et forestier sur Port-Cros).

La capturabilité des individus diffère selon les espèces et les sexes. Sur les deux îles, les couleuvres à échelons sont les moins observées, et le faible taux de recapture suggère un nombre d'individus largement sous-estimé. L'espèce est particulièrement difficile à observer compte tenu de sa présence dans un habitat plus forestier et d'un caractère moins héliophile que les couleuvres de Montpellier. Chez cette dernière, les femelles semblent moins représentées. De la même façon, il est possible que ce soit dû aux difficultés d'observation, du fait de leur coloration plus cryptique et de leurs comportements discrets sur le terrain. Les femelles s'exposent probablement moins que les mâles qui sont plus gros et qui adoptent peut-être des comportements de thermorégulation qui les exposent plus. Le nombre de femelles observées est toutefois plus important sur Porquerolles grâce aux plaques permettant de capturer davantage les individus plus discrets. Peu de juvéniles ont été observés, notamment sur Porquerolles où les plaques auraient dû faciliter leur capture. Ce point n'est pas anodin puisqu'il reflète peut être un dysfonctionnement dans le recrutement des populations.

Les deux îles présentent des profils écologiques différents, un milieu homogène très fermé sur Port-Cros *versus* un milieu hétérogène alternant des zones ouvertes (cultures) et des zones fermées (forêts) sur Porquerolles. Les deux îles ont également deux situations bien différentes quant à l'exploitation du milieu et aux pressions anthropiques. Porquerolles est exploitée et gérée sur une partie de sa surface, notamment pour la viticulture, alors que sur Port-Cros aucune exploitation agricole n'est présente. Pourtant, les deux espèces semblent s'accommoder de ces deux environnements.

L'ensemble des observations suggère des capacités d'adaptation importantes chez les deux espèces. Bien que les observations ne permettent pas encore d'estimer rigoureusement les densités des populations, il est probable que celles-ci diffèrent d'une île à l'autre. En effet, le nombre de plaques est bien supérieur sur Porquerolles, celles-ci augmentant les probabilités d'observations ; il est donc possible que les densités soient inférieures à celles de Port-Cros. Les serpents sont des prédateurs majeurs et potentiellement de bons indicateurs écologiques, en témoignent les proies variées et nombreuses observées, particulièrement les rats pour lesquels les ophidiens auraient un rôle de régulation important. Par conséquent, ils sont également de précieux indicateurs de la pression humaine, sur des milieux fragiles tout particulièrement. Un déclin des populations signifierait sûrement des problèmes écologiques graves. Bien que les populations présentent une bonne santé apparente, ces résultats doivent accroître notre vigilance vis-à-vis des menaces liées à la pression anthropique (introduction d'animaux domestiques, produits phytosanitaires, destruction directe (Cheylan et Cluchier, 2005), etc.).

Une des particularités marquante des observations réalisées sur les deux îles est la taille des animaux. Sur chacune des îles, des individus de taille supérieure à la moyenne mentionnée dans la littérature sont bien représentés. De plus, les serpents insulaires sont en moyenne bien plus grands que ceux du continent (Ausanneau *et al.*, 2013). Sur la même période, les couleuvres de Montpellier capturées sur le continent (Var) ne dépassent pas 120 cm de LMC, alors que des individus de plus de 160 cm de LMC ont été trouvés sur les deux îles. Neuf spécimens ont été mesurés avec une LMC de plus de 140 cm. Il ne s'agit donc pas de cas exceptionnels. Plusieurs pistes, possiblement liées au syndrome d'insularité (Adler et Levins, 1994), peuvent être à l'origine de ces observations : 1) la présence de proies plus nombreuses permettant une croissance rapide des individus. Bien que les espèces-proie typiques soient moins diversifiées sur les îles que sur le continent (rareté des micromammifères tels que les souris, mulots, musaraignes et absence de certains reptiles tels les lézards verts *lacerta bilineata*, psammodromes *Psammodromus hispanicus*, seps *chalcides striatus*, orvets *anguis fragilis*) il est possible que la taille des individus observée soit une conséquence voire une adaptation morphologique permettant d'ingérer des espèces plus grosses telles que les lapins et les rats (Shine, 1991 ; Aubret *et al.*, 2004) ; 2) une longévité accrue des individus leur permettant de grandir jusqu'à des âges avancés grâce à l'absence de nombreux prédateurs et/ou de perturbation humaine ; 3) la combinaison des deux (Hasegawa et Mori, 2008).

Quoi qu'il en soit, les îles abritent des populations particulières. Les individus profitent probablement d'un environnement relativement préservé des perturbations humaines. L'absence ou la quasi-absence de circulation routière évite aux plus grands individus d'être les victimes des véhicules (Bonnet *et al.*, 1999).

Les éléments présentés ci-dessus font des suivis de serpents de bons supports pédagogiques. Grâce à la manipulation des serpents dans leur milieu, il est assez facile de faire disparaître chez les écoliers des idées fausses et préconçues sur les serpents, tout en leur faisant comprendre l'intérêt de les préserver dans leur habitat naturel (Ballouard *et al.*, 2012). La mise en place de suivi par Capture-Marquage-Recapture est une aubaine sur le plan pédagogique (Ballouard et Bonnet, 2016).

## Conclusion et perspectives

Ces premiers résultats témoignent tout d'abord du succès de l'initiative de la mise en place des suivis de populations de serpents sur les îles. Ils constituent à notre connaissance l'un des tous premiers jeux de données de type Capture-Marquage-Recapture sur les couleuvres de Montpellier et les couleuvres à échelons. De toute évidence, ce suivi met en exergue :

1) des questions de conservation (e.g., les îles représentent-elles l'un des derniers sanctuaires pour ces espèces, quelles menaces pèsent sur ses populations ? les grands individus jouent-ils un rôle écologique particulier ?) ; 2) des questions relatives à des sujets intéressants sur le plan évolutif. Outre de grands individus, observe-t-on d'autres caractéristiques typiques liées au phénomène d'insularité (Goltsman *et al.*, 2005) telles :

- une densité forte et stable des populations ?
- des taux de fécondité bas associés à une mortalité plus faible et qui pourrait expliquer de faible taux de captures des juvéniles ?
- une diminution de la taille des domaines vitaux et une faible dispersion des individus ?

Pour répondre à ces questions, il est essentiel de continuer, voire d'amplifier, les suivis. En effet, les tendances à long terme montrent presque toujours des fluctuations. Il est donc avant tout important de capturer les grandes lignes de variations temporelles afin de connaître point par point le fonctionnement des populations. Il sera en premier lieu important de mieux estimer la taille des populations afin de savoir si la gestion conservatoire joue son rôle sur le long terme. Les juvéniles

ont rarement été observés : est-ce dû à une faible capturabilité, un faible taux de reproduction ou un fort taux de prédation sur cette classe d'âge ? Ces questions restent à résoudre *via* la connaissance des principaux Traits d'Histoire de Vie (THV) des espèces, de la croissance ou de la survie des individus. L'ensemble de ces points nécessite de nombreuses années d'étude, en général plus de 10 ans. De nombreuses données de recaptures sur l'ensemble des classes d'âge des individus sont nécessaires. Elles permettent en outre de mesurer les mouvements des individus. D'autres mesures éco-physiologiques peuvent permettre d'avoir accès à des éléments clés comme la fécondité, l'âge à maturité, le cycle reproducteur, la réponse au stress face aux facteurs environnementaux ou aux contaminations. En résumé, l'ensemble de ces mesures permettra de beaucoup mieux connaître les espèces et de mieux les utiliser comme bio-indicateurs et supports pédagogiques. Les résultats présentés sont préliminaires mais pourront dans le futur, à l'image d'autres suivis sur les ophidiens (Boback, 2006 ; Hasegawa et Mori, 2008), être mis en lumière grâce à des comparaisons pertinentes avec les résultats obtenus (e.g. croissance, mortalité) sur les populations continentales (protégées vs non protégées) et faisant l'objet de suivis parallèles notamment dans le massif des Maures.

**Remerciements.** Les auteurs remercient Hervé Bergère et Serge Moreau, respectivement chef du secteur de Port-Cros et Porquerolles ; Francis Dorr, Benoît Carati et Alexandre Terreau pour leur précieuse aide sur le terrain. Nicole Van Den Broeck pour son accueil sur Porquerolles et bien sûr Groupmf Bonnet pour ses encouragements. Radika Michniewicz a effectué la relecture et la correction du résumé anglais. Nos remerciements également la Direction Départementale des Territoires et de la Mer (DDTM) pour les autorisations de capture et de relâchers (ref : 83 2015-01). Les crédits des photos de la Figure 2 sont à attribuer à Maxime Briola (Regard Du Vivant) et Joseph Celse (CEN-PACA). Nous remercions également la société Eternit pour la fourniture des plaques fibrociments.

## Références

- ADLER G.H., LEVINS R., 1994. - The island syndrome in rodent populations. *Q. Rev. Biol.*, 69: 473-490.
- AJTIC R., TOMOVIC R., STERIJOVSKI B., CRNOBRNJA-ISAILOVIC J., DJORDJEVIC S., DJURAKIC M., GOLUBOVIC A., SIMOVIC A., ARSOVSKI D., ANDJELKOVIC M., KRSTIC M., ŠUKALO G., GVOZDENOVIC S., AĀDAM A., MICHEL C.L., BALLOUARD J-M., BONNET X., 2013. - Unexpected life history traits in a very dense population of dice snakes. *Zool. Anz. - A Journal of Comparative Zoology*, 252 (3): 350-358.
- AUBRET F., SHINE R., BONNET X. 2004. - Adaptive plasticity in snakes. *Nature*, 431: 261-262.
- AUSANNEAU M., CARON S., GILLET P., BONNET X., BALLOUARD J-M., 2013. - Effet de l'insularité sur la taille et la condition corporelle de 2 colubridés (*Malpolon monspessulanus* et *Rhinechis scalaris*) dans le Sud-est de la France (Var). 41ème congrès de la Société Herpétologique de France, Bordeaux, France; 10/2013.

- BALLOUARD J.M., PROVOST G., BARRE D., BONNET X., 2012. - Influence of a field trip on the attitude of schoolchildren toward unpopular organisms: an experience with snakes. *J. Herpetol.*, 46 (3): 423-428.
- BALLOUARD J.-M., CARON S., LAFON T., SERVANT L., DEVAUX D., BONNET X., 2013. - Fibrociment slabs as useful tools to monitor juvenile reptiles: a study in a tortoise species. *Amphibia-Reptilia*, 34 (1): 1-10.
- BALLOUARD J.-M., BONNET X., 2016. - Serpents et éducation : l'expérience émotionnelle est primordiale. *Bull. Soc. Herpétol. Fr.*, 157 : 45-48
- BEAUPRE S.J., DOUGLAS L.E., 2011. - Snakes as indicators and monitors of ecosystem properties. *Snakes: Applied Ecology and Conservation*, S., MULLIN, R.A. SEIGEL ed., Cornell University Press, Ithaca: 244-261.
- BOBACK S.M., 2006. - A morphometric comparison of island and mainland boas (*Boa constrictor*) in Belize. *Copeia*, 2006 (2): 261-267.
- BÖHM M., COLLEN B., BAILLIE J.E., BOWLES P., CHANSON J., COX N., et al. 2013. - The conservation status of the world's reptiles. *Biol. Conserv.*, 157: 372-385.
- BONNET X., LECQ S., LASSAY J. L., BALLOUARD J.-M., BARBRAUD C., SOUCHET J., MULLIN S.J. PROVOST G., 2016. - Forest management bolsters native snake populations in urban parks. *Biol. Conserv.*, 193: 1-8.
- BONNET X., NAULLEAU G., 1994. - Utilisation d'un indice de condition corporelle (BCI) pour l'étude de la reproduction chez les serpents. *C. R. Acad. Sci.. Série 3, Sci. Vie* 317 (1) : 34-41.
- BONNET X., NAULLEAU G., SHINE R., LOURDAIS O., 2001. - Short-term versus long-term effects of food intake on reproductive output in a viviparous snake, *Vipera aspis*. *Oikos*, 92: 297-308.
- BONNET X., NAULLEAU G., SHINE R., 1999. - The dangers of leaving home: dispersal and mortality in snakes. *Biol. Conserv.*, 89 (1): 39-50.
- BONNET X., SHINE R., LOURDAIS O., 2002. - Taxonomic chauvinism. *Trends Ecol. Evol.*, 17 (1): 1-3.
- BONNET X., PEARSON D., LADYMAN M., LOURDAIS O., BRADSHAW D., 2002. - Heaven for serpents? A mark-recapture study of Tiger snakes (*Notechis scutatus*) on Carnac Island, western Australia. *Austral Ecol.*, 27 (4): 442-450.
- BRISCHOUX F., BONNET X., LEGAGNEUX P., 2009. - Are sea snakes pertinent bio-indicators for coral reefs? A comparison between species and sites. *Mar. Biol.*, 156: 1985-1992.
- CHEYLAN M., 2010. - Le couleuvre à échelons. *Les reptiles de France, Belgique, Luxembourg et Suisse*, J.P. VACHER, M. GENIEZ ed., Biotope (collection Parthénopé), Muséum national d'Histoire naturelle publ., Paris : 437- 443
- CHEYLAN M., CLUCHIER A., 2005. - Statut des populations de serpents du Parc national de Port-Cros - Années 2001 à 2005- Rapport du Parc national de Port-Cros, Hyères : 30 p.
- CLARK J.A., MAY R.M., 2002. - Taxonomic bias in conservation research. *Science*, 297 (5579): 191-192.
- CLUCHIER A., 2010. - La couleuvre de Montpellier. *Les reptiles de France, Belgique, Luxembourg et Suisse*, J.P. VACHER, M. GENIEZ ed., Biotope (collection Parthénopé), Muséum national d'Histoire naturelle publ., Paris : 477-483.

- CLUTTON-BROCK T., SHELDON B.C., 2010. - Individuals and populations: the role of long-term, individual-based studies of animals in ecology and evolutionary biology. *Trends Ecol. Evol.*, 25 (10): 562-573.
- FERICHE M., PLEGUEZUELOS J.M., SANTOS X., 2008. - Reproductive ecology of the Montpellier Snake, *Malpolon monspessulanus* (Colubridae), and comparison with other sympatric colubrids in the Iberian peninsula. *Copeia*, 2: 279-285.
- FERRARI T., 2014. - *Suivi par méthode Capture-Marquage-Recapture, de deux colubridés (Rhinechis scalaris et Malpolon monspessulanus) en région méditerranéenne (Var) et analyse critique de la méthode d'échantillonnage*. Rapport de licence, Université Montpellier : 30 p.
- GIBBONS J.W., SCOTT D.E., RYAN T.J., BUHLMANN K.A., TUBERVILLE T.D., METTS B.S., GREENE J.L., MILLS T., LEIDEN Y., POPPY S., WINNE C.T., 2000. - The global decline of reptiles, déjà vu amphibians reptile species are declining on a global scale. Six significant threats to reptile populations are habitat loss and degradation, introduced invasive species, environmental pollution, disease, unsustainable use, and global climate change. *BioScience*, 50 (8): 653-666.
- GOLTSMAN M., KRUCHENKOVA E.P., SERGEEV S., VOLODIN I., MacDONALD D.W., 2005. - 'Island syndrome' in a population of Arctic foxes (*Alopex lagopus*) from Mednyi Island. *J. Zool.*, 267 (04): 405-418.
- GRAITSON E., NAULLEAU G., 2005. - Les abris artificiels : un outil pour les inventaires herpétologiques et le suivi des populations de reptiles. *Bull. Soc. herpétol. Fr.*, 115 : 5-22.
- HASEGAWA M., MORI A., 2008. - Does a gigantic insular snake grow faster or live longer to be gigantic ? Evidence from a long-term field study. *South Am. J. Herpeto.*, 3 (2): 145-154.
- IUCN 2015. - <http://www.iucn.fr/liste-rouge-france.html>
- LEBRETON J.D., BURNHAM K.P., CLOBERT J., ANDERSON D.R., 1992. - Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. *Ecol. Monog.*, 62 (1): 67-118.
- LE LIÈVRE H., BLOUIN-DEMERS G., BONNET X., LOURDAIS O., 2010. - Thermal benefits of artificial shelters in snakes: A radiotelemetric study of two sympatric colubrids. *J. Thermal Biol.*, 35 (7): 324-331.
- PLEGUEZUELOS J.M., 2003. - Culebra bastarda - *Malpolon monspessulanus*. *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*, L.M. CARRASCAL, A. SALVADOR ed., Museo Nacional de Ciencias Naturales publ., Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/>
- READING C. J., LUISELLI L. M., AKANI G. C., BONNET X., AMORI G., BALLOUARD J-M., FILIPPI E., NAULLEAU G., PEARSON D., RUGIERO L., 2010. - Are snake populations in widespread decline? *Biol. Letters*, 23 (6): 777-780.
- SEDDON P.J., SOORAE P.S., LAUNAY F., 2005. - Taxonomic bias in reintroduction projects. *Anim. Conserv.*, 8 (1): 51-58.
- SEDDON P.J., GRIFFITHS C.J., SOORAE P.S., ARMSTRONG D.P., 2014. - Reversing defaunation: Restoring species in a changing world. *Science*, 345 (6195): 406-412.
- SHINE R., 1991. - Why do larger snakes eat larger prey items ? *Funct. Ecol.*, 5 (4): 493-502.
- SHINE R., MADSEN T., 1997. - Prey abundance and predator reproduction: rats and pythons on a tropical Australian floodplain. *Ecology*, 78: 1078-1086.

- SHINE R., BONNET X., 2000. - Snakes: a new “model organism” in ecological research?  
*Trends Ecol. Evol.*, 15: 221-2.
- TISDELL C., WILSON C., NANTHA H.S., 2006. - Public choice of species for the ‘Ark’:  
Phylogenetic similarity and preferred wildlife species for survival. *J. Nat. Conserv.*,  
14 (2): 97-105.